

⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑯ Gebrauchsmuster
⑯ DE 94 21 671 U 1

⑯ Int. Cl. 6:
H 01 J 37/32
H 05 H 1/00
H 01 L 21/3065

⑯ Aktenzeichen: G 94 21 671.1
⑯ Anmeldetag: 26. 8. 94
⑯ aus Patentanmeldung: P 44 30 385.8
⑯ Eintragungstag: 11. 7. 96
⑯ Bekanntmachung
im Patentblatt: 22. 8. 96

⑯ Inhaber:

Siemens AG, 80333 München, DE

⑯ Entladungskammer für eine Plasmaätzanlage in der Halbleiterfertigung

DE 94 21 671 U 1

DE 94 21 671 U 1

07.03.96

Beschreibung

Entladungskammer für eine Plasmaätzanlage in der Halbleiterfertigung

5

Die Erfindung betrifft eine Entladungskammer für eine bei der Fertigung integrierter Halbleiterschaltungen eingesetzte Plasmaätzanlage. Die Erfindung betrifft außerdem die Verwendung bestimmter Werkstoffe als ätzgasresistente Wandmaterialien für eine derartige Entladungskammer.

Zur Strukturierung von dünnen Schichten werden in der Halbleitertechnologie gegenwärtig hauptsächlich plasmaunterstützte Trockenätzverfahren verwendet. Bei diesen Verfahren wird durch einen Generator, der zumeist im Hochfrequenzbereich arbeitet, in einem Reaktor, der von einem Ätzgas durchströmt wird, ein Plasma erzeugt. Im Plasma befinden sich im allgemeinen ungeladene Ätzgasteilchen, ionisierte Ätzgasspezies sowie hochreaktive neutrale Fragmente (Radikale) des Ätzgases. Die bekannten plasmaunterstützten Ätzverfahren lassen sich im wesentlichen in die folgenden zwei Kategorien einteilen:

Während RIE(Reactive Ion Etching)-Prozesse zumeist auf die ionisierten Ätzgasspezies zurückgreifen, die in einem elektrischen Feld auf den zu strukturierenden Wafer hin beschleunigt werden, verwenden Downstream-Verfahren nur Radikale zum Materialabtrag. Da die Ätzreaktion bei Downstream-Anlagen spontan erfolgen muß, werden hauptsächlich fluorhaltige Ätzgase eingesetzt. Durch das Fehlen von beschleunigten Teilchen, die mit hoher Energie auf das Substrat aufprallen, wird ein sehr schonender Materialabtrag erreicht und die vorhandene Schicht nicht beschädigt (damagefreie Ätzung). Ferner können Schichten sehr selektiv zueinander entfernt werden, d.h. eine Schicht wird vollständig entfernt, während die darunterliegende nicht angegriffen wird. Der Nachteil der Down-

9421671

stream- gegenüber den RIE-Verfahren liegt allerdings darin, daß die Ätzung vollständig isotrop ist, d.h. der Ätzangriff hat keine Vorzugsrichtung. Die Struktur einer Ätzmaske kann somit nicht 1 zu 1 auf die darunterliegende Schicht übertragen werden.

Um den Beschuß mit hochenergetischen Teilchen zu vermeiden, muß die Plasmaerzeugung örtlich vom Reaktor getrennt werden. In der bekannten technischen Ausführung des Downstream-Verfahrens wird dazu das Plasma und damit die benötigten Radikale in einer speziellen Entladungskammer erzeugt, von der die Radikale in die eigentliche Ätzkammer geleitet werden, in der sich die zu strukturierenden Scheiben befinden. Die Entladungskammer ist zumeist als ein Rohr ausgeführt, in das die vom RF-Generator erzeugte Leistung eingekoppelt wird. Die große Schwierigkeit bei der Realisierung einer solchen Entladungskammer oder eines Entladungsrohres liegt bei allen Plasmäätzanlagen in der Materialauswahl. Das verwendete Material muß für die eingekoppelte Hochfrequenzleistung durchlässig sein, d.h. es können keine metallischen Werkstoffe eingesetzt werden. Da die Entladungskammer gegen die zumeist sehr aggressiven Radikale des Ätzgases resistent sein muß, ist auch der Einsatz von Kunststoffen zweifelhaft. Eine weitere Anforderung an die Entladungskammer ist eine Temperaturbeständigkeit bis etwa 1000 °C, die aufgrund der Erhitzung der Entladungskammer beim Betrieb notwendig ist.

Gegenwärtig werden Entladungskammern bzw.-rohre zumeist aus Quarz (SiO_2) gefertigt. SiO_2 ist für die RF-Leistung durchlässig und ausreichend hitzebeständig. Es weist aber nur eine eher ungenügende Resistenz gegen die aggressiven Ätzgasradikale auf. In den Anlagen muß deshalb das Entladungsrohr nach wenigen Betriebsstunden wegen Verschleiß (Materialabtrag) ausgetauscht werden.

9421671

07.03.96

3

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Entladungskammer der eingangs angegebenen Art zu schaffen, die alle genannten Anforderungen an eine derartige Entladungskammer erfüllt und die insbesondere ätzgasresistenter 5 als die bekannten Entladungskammern ist.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß die Entladungskammer aus einem keramischen Werkstoff oder einem einkristallinen Material mit der gleichen chemischen Zusammensetzung wie der keramische Werkstoff besteht.

10 Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand von Unteransprüchen. Vorteile und Einzelheiten der Erfindung werden anhand des folgenden Ausführungsbeispiels, daß die isotropen Trockenätzanlagen CDE VII und CDE VIII der Firma Tylan-Tokuda herangezogen, noch näher erläutert, ohne das die Erfindung 15 auf diesen Anlagentyp beschränkt wäre.

Bei den bekannten auf dem Markt befindlichen Anlagen wird das Prozeßplasma in speziellen Entladungsrohren aus Quarz erzeugt und strömt über eine etwa 1 m lange U-förmige Leitung in die Ätzkammer. Die Quarzrohre haben eine Länge von 700 mm, einen 20 Außendurchmesser von 38 mm und einen Innendurchmesser von 29 mm. Die Wandstärke beträgt folglich 4.5 mm. Aufgrund der geringen Resistenz von Quarz gegenüber den verwendeten fluorhaltigen Ätzgasen ist das Entladungsrohr nach nur 10 Plasmastunden zu wechseln. Da der Materialabtrag hauptsächlich an 25 einer bestimmten Stelle erfolgt, ist es möglich das Rohr nach dem Ausbau zu reinigen und um 90 ° gedreht wieder einzubauen. Bei symmetrischen Einbau des Rohres (Einkoppelstelle in der Mitte) muß nach 40 und bei asymmetrischen Einbau nach 80 Plasmastunden ein neues Rohr verwendet werden. Mit jeder Reinigung ist ein erheblicher Aufwand an Arbeitszeit und Prozeßkontrollen verbunden. Des Weiteren wird die Up-time der Anlage 30 vermindert. Die dadurch anfallenden Kosten sind beträchtlich.

9421671

07-03-96

4

Bei Versuchen mit verschiedensten Materialien konnte gezeigt werden, daß keramische Werkstoffe am geeignetsten sind hinsichtlich gleichzeitiger Ätzgasresistenz, Hitzebeständigkeit und Durchlässigkeit für RF-Leistung. Ferner können auch einkristalline Materialien verwendet werden, die die gleiche chemische Zusammensetzung wie die Keramik besitzen. Als besonders geeignet erwies sich Aluminiumoxid (Al_2O_3). Zur Herstellung der Keramik werden Aluminiumoxidkügelchen unter hohem Druck und Temperatur gepreßt. Die einkristalline Modifikation (α - Al_2O_3 , Korund; bzw., bei Dotierung mit Metalloxiden, Saphir oder Rubin) wird zum Beispiel durch Zonenziehen aus der Schmelze gewonnen. Beim Test von Al_2O_3 -Keramikrohren konnte die Resistenz gegen Ätzgasradikale und die Temperaturbeständigkeit nachgewiesen werden.

15. Es hat sich jedoch herausgestellt, daß es nicht möglich ist, Keramikentladungsrohre mit den gleichen Abmessungen wie bei den Quarzrohren zu verwenden.

Der wichtigste Parameter ist die Wandstärke. Bei unverändert 4,5 mm treten Probleme mit der RF-Einkopplung (zu hohe reflektierte Leistung) sowie mit thermischen Spannungen in der Keramik (Risse) auf. Abhilfe bringt eine Verringerung der Wandstärke. Prinzipiell wäre es am günstigsten, möglichst dünne Rohre zu verwenden. Technologisch ist es jedoch aufgrund der 700 mm Rohrlänge äußerst schwierig, Wandstärken erheblich kleiner als 2 mm zu realisieren. Bei 2 mm Wandstärke ist die reflektierte Leistung zwar noch etwas höher als bei den Quarzrohren (30W im Vergleich zu 20 W), liegt aber weit unter der noch tolerierbaren Grenze von 80 W. Thermische Spannungen, die zu Rissen führten, wurden bei 2 mm Wandstärke nicht mehr beobachtet.

30 Insgesamt sind deshalb Wandstärken im Bereich von 0,8 bis etwa 3 mm vorteilhaft verwendbar.

9421671

Bei der Implementierung von Keramikrohren ist auch zu beachten, daß Keramik eine rauhere Oberfläche als Quarz besitzt. Da das Rohr als Teil eines Vakuumsystems dient, ist es empfehlenswert, geschliffene Rohrenden zu verwenden, auf denen die Dichtungen aufliegen. Die zusätzliche Zündhilfe (Lampe), die bei Quarzrohren verwendet wird, ist bei Keramikrohren nicht sehr wirkungsvoll, da die Keramik nur teilweise transparent ist. Bei dünnen Keramikrohren treten zwar keine Probleme auf, zur Erhöhung der Sicherheit ist es aber möglich, in den Rohrflansch auf der Gaseinlaßseite eine Zündlampe zu installieren.

Die Rohre aus Keramik sind minimal 300 h einzusetzen (vgl. 10 h bei Quarzrohren). Längere Einsatzzeiten sind problemlos möglich; bei der üblichen zyklischen vorbeugenden Wartung können die Rohre allerdings präventiv gewechselt werden. Vorteilhaft ist weiterhin, daß die Keramikrohre eine deutlich niedrigere Partikelbelastung als Quarzrohre zeigen, wobei die Partikelreduzierung bis zu 75 % beträgt.

Als weitere geeignete Materialien können beispielsweise Zirkonoxid (ZrO_2), Magnesiumoxid (MgO), Kalziumoxid (CaO) und Yttriumoxid (Y_2O_3) als Keramik oder als Einkristall verwendet werden. Die Erfindung ist keineswegs auf die Verwendung traditioneller silicathaltiger Keramiken beschränkt. Es kommen auch keramische Werkstoffe aus Oxiden, Siliciden oder Karbiden der Metalle, wie sie im Rahmen der modernen Pulvermetallurgie durch Pressen und Sintern zu Formkörpern herstellbar sind, oder Borkarbid (B_4C) oder Siliziumkarbid (SiC) in Frage. Mit den erfindungsgemäß modifizierten Plasmaätzanlagen können auch anisotrope Ätzprozesse oder das Abätzen von Photoresist durchgeführt werden.

9421671

Schutzzansprüche

1. Entladungskammer für eine bei der Fertigung integrierter Halbleiterschaltungen eingesetzte Plasmaätzanlage,
5 dadurch gekennzeichnet,
daß die Entladungskammer aus einem keramischen Werkstoff oder einem einkristallinen Material mit der gleichen chemischen Zusammensetzung wie der keramische Werkstoff besteht.
- 10 2. Entladungskammer für eine Plasmaätzanlage nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Entladungskammer aus Aluminiumoxid (Al_2O_3) besteht.
- 15 3. Entladungskammer für eine Plasmaätzanlage nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Wandstärke der Entladungskammer im Bereich von 0,8
bis etwa 3 mm gewählt ist.
- 20 4. Entladungskammer für eine Plasmaätzanlage nach einem der
Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Entladungskammer als Entladungsrohr ausgeführt ist,
das mit einer separaten Ätzkammer verbunden ist.
- 25 5. Verwendung eines keramischen Werkstoffs oder eines einkristallinen Materials mit der gleichen chemischen Zusammensetzung wie der keramische Werkstoff aus der Gruppe Aluminiumoxid, Zirkonoxid, Magnesiumoxid, Kalziumoxid, Yttriumoxid, Borkarbid oder Siliziumkarbid als ätzgasresistentes Wandmaterial einer Entladungskammer für eine bei der Fertigung integrierter Halbleiterschaltungen eingesetzte Plasmaätzanlage.

9421671